

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP04/053377

International filing date: 09 December 2004 (09.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE
Number: 10361834.1
Filing date: 30 December 2003 (30.12.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 17 February 2005 (17.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND 03.02.05**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 103 61 834.1

Anmeldetag: 30. Dezember 2003

Anmelder/Inhaber: Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart/DE

Bezeichnung: Richtkoppler in Streifenleitertechnik mit breitem Koppelspalt

IPC: H 01 P 5/18

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 19. Januar 2005
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag


Schäfer

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart

Richtkoppler in Streifenleitertechnik mit breitem Koppelspalt

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft einen Richtkoppler in Streifenleitertechnik gemäß dem Oberbegriff des unabhängigen Anspruchs 1.

Richtkoppler sind Schaltungselemente der Hochfrequenz-(HF-) bzw. Antennentechnik und werden zur unsymmetrischen Leistungsaufteilung, bspw. in der Größe von -12 dB, in einem gewünschten Frequenzbereich eingesetzt. Richtkoppler weisen prinzipiell einen kurzen Leitungsabschnitt auf, dessen Wellenwiderstand dem der verwendeten Leitung entspricht. Dadurch wird nur aus der hinlaufenden oder aus der rücklaufenden Welle eine bestimmte Spannung ausgekoppelt.

Ein hier betroffener Richtkoppler geht bspw. aus einem am 5.12.2003 erschienenen Artikel mit dem Titel „HF-Passive Komponenten“ von Prof. D. U. Gysel, ZHW, Departement Technik, Informatik und Naturwissenschaften, Elektrotechnik und Signalverarbeitung, Hochfrequenztechnik, Zürich, hervor und ist in der nachfolgend noch im Detail beschriebenen Fig. 1 schematisch wiedergegeben.

Wie aus der Fig. 1 zu ersehen, sind Richtkoppler viertorig ausgebildet und weisen zwei Empfangstore (Eingangstore) und zwei Sendetore (Ausgangstore) auf. Die beiden Empfangstore müssen zueinander möglichst stark entkoppelt sein. Die hier betroffenen in

Streifenleitertechnik hergestellten Richtkoppler werden mittels herkömmlicher Leiterplattentechnik hergestellt. Dabei werden Substrate mit relativ niedriger Dielektrizitätskonstante sowie Koppelspalte zwischen den beiden Leitern mit sehr geringer Spaltbreite im Bereich von etwa 100 μm verwendet, um die gewünschten hohen Kopplungswerte von über 15 dB, wie bspw. 12 dB, zu erreichen. So erhält man für einen 12 dB-Koppler bei 2,5 GHz auf einem Leitersubstrat der Dicke 300 μm und der relativen Dielektrizitätszahl von 4,4 eine für die genannte Kopplungsstärke erforderliche Koppelspaltbreite von nur ca. 80 μm . Ein solch geringer Leiterabstand läßt sich in der heutigen Leiterplattentechnik nur mit sehr hohem Fertigungs- und Kostenaufwand bei gleichzeitig hoher Ausschußrate herstellen.

Es besteht daher ein erheblicher Bedarf, Richtkoppler der hier betroffenen Art mit herkömmlicher Leiterplattentechnik mit minimalen Leiterbreiten und lateralen Leiterabständen im Bereich von 150 μm bei Ätztoleranzen bis $\pm 20 \mu\text{m}$ fertigungsgerecht realisieren zu können.

Vorteile der Erfindung

Der erfindungsgemäße Richtkoppler ist insbesondere durch einen mehrlagigen Aufbau gekennzeichnet, bei dem wenigstens drei Metallagen und zwischen diesen wenigstens zwei dielektrische Isolationslagen auf einem Substrat, bevorzugt auf einer bedruckten Leiterplatte, angeordnet sind. Das Richtkopplerlayout an sich kann dabei den im Stand der Technik bekannten Layouts entsprechen.

Im Gegensatz zum Stand der Technik entspricht die Masselage nicht einer direkt unter der Leiterstruktur des Richtkopplers angeordneten Metallage, sondern erst einer darauf folgenden Metallage. Zwischen der Leiterstruktur und der Masselage wird auf einer dazwischen angeordneten Metallage eine isolierte und besonders geformte Leiterstruktur erstellt, und zwar bevorzugt eingätzt. Aufgrund dieser Struktur werden in Reihe geschaltete sehr kleine Kapazitäten erzeugt, welche die erforderliche Kopplung und gleichzeitig eine sehr hohe elektrische Isolation zwischen den genannten Metallagen ermöglichen. Diese Struktur ermöglicht die Herstellung eines um den Faktor 5 größeren Koppelspalts als bei den im Stand der Technik bekannten Strukturen.

In bevorzugter Ausgestaltung besitzt die genannte isolierte und besonders geformte Leiterstruktur die Form eines quer liegenden „H“. Prinzipiell sind jedoch auch beliebig andere Formen denkbar, als einfachste Form bspw. ein ebenfalls quer liegendes Rechteck.

In weiterer Ausgestaltung sind an den Außenseiten der Koppelleiter zusätzliche Strukturen oder Strukturerweiterungen vorgesehen, und zwar bevorzugt kurze trapezartige Strukturen.

In noch weiterer Ausgestaltung werden die Reflexionseigenschaften der Koppelleiter mittels kleiner in den Ecken der Anschlüsse angeordneter kapazitiver Strukturen („Kapazitätsflecken“) verbessert. Damit wird die in der Summe leicht induktive Impedanz der Koppelleiter so kompensiert, daß an den Anschlüssen eine besonders gute Impedanzanpassung ermöglicht wird.

Der erfindungsgemäß vorgeschlagene Richtkoppler läßt sich mittels herkömmlicher Leiterplattentechnik ohne irgendeine Fertigungsbeschränkung, auch unter üblichen Ätztoleranzen, herstellen. Der Richtkoppler weist insbesondere einen sehr großen Kopplungswert auf, der im Stand der Technik nur mit erheblich hohem Fertigungs- und Kostenaufwand realisierbar wäre. Darüber hinaus wird die Fertigungsstreuung der Richtkopplerparameter, wie insbesondere der HF-bezogenen Parameter, dank der Erfindung wesentlich geringer. Des weiteren wird die Verwendung kostengünstiger Substrate sowie kostengünstiger Ätzverfahren bei der Herstellung der dem Richtkoppler zugrunde liegenden Strukturen ermöglicht.

Zeichnung

Die Erfindung wird nachfolgend, unter Bezugnahme auf die beigegefügte Zeichnung, anhand von Ausführungsbeispielen eingehender beschrieben, aus denen weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung hervorgehen.

Im Einzelnen zeigen

- Fig. 1 eine Prinzipdarstellung eines Richtkopplers in Streifenleitertechnik gemäß dem Stand der Technik;
- Fig. 2 eine Draufsicht einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Richtkopplers in Streifenleitertechnik; und
- Fig. 3 eine Schnittansicht entlang der Linie A-A des in der Fig. 2 gezeigten Richtkopplers.

Der in der Fig. 1 schematisch in schräger Draufsicht gezeigte Richtkoppler 10 stellt einen Parallelleitungskoppler in Streifenleitungsausführung dar, d.h. die elektrischen Leiter sind als dünne Metallisierungsstreifen auf einem Substrat 15 ausgebildet. Das Substrat 15 ist vorliegend aus einer gewöhnlichen gedruckten Leiterplatte hergestellt. Der eigentliche Koppler besteht aus zwei Koppelleitern 20, welche über eine Länge $\lambda/4$ parallel verlaufen. Da die Kopplung zwischen den beiden Koppelleitern 20 naturgemäß mit abnehmendem (Lateral-)Abstand zwischen den beiden Leitern ansteigt, hat der Abstand ,d' zur Erreichung einer ausreichenden Kopplung möglichst gering zu sein.

Ein solcher Richtkoppler 10 stellt ein passives Viertor dar, welches die Eigenschaft hat, daß ein Eingangssignal an einem der vier Tore 1 - 4 immer nur an zwei der drei restlichen Tore weitergegeben wird. Speist man den in der Fig. 1 gezeigten Richtkoppler nämlich mit einer einfallenden Welle am Tor 1, so treten Wellen an den Toren 2 und 4 aus, idealerweise nicht jedoch am Tor 3. Das heißt, das Tor 3 ist vom Tor 1 entkoppelt. Verfolgt man die Aufteilung aller möglichen einfallenden Wellen, ergibt sich, daß immer die Torpaare 1 und 3 sowie 2 und 4 voneinander entkoppelt sind, d.h. zwischen diesen findet kein Energieaustausch statt, sofern alle Tore mit ihrem jeweiligen Wellenwiderstand terminiert sind. Es ist anzumerken, daß bei einem ideal angenommenen Richtkoppler jeweils die Tore 1 und 4 sowie 2 und 3 entkoppelt sind, d.h. es findet zwischen diesen kein Nebensprechen statt.

Da im Meßzweig, d.h. in dem genannten Leitungsabschnitt $\lambda/4$ der beiden Koppelleiter, die durch kapazitive und durch induktive Kopplung hervorgerufenen Ströme gleichzeitig vorhanden sind, können sie sich in Abhängigkeit von ihrer Phasenlage, je nach Richtung

des Stromes in dem einen Leiter, entweder addieren oder gegenseitig aufheben, was letztlich die genannte gerichtete Kopplung bewirkt.

Die in der Fig. 2 in Draufsicht gezeigte bevorzugte Ausführungsform des erfindungsge-
mäß mehrlagig aufgebauten Richtkopplers besteht aus einer gedruckten Leiterplatte 100,
welche mehrere Metallagen aufweist. Diese Metallagen umfassen eine oberste Metallage
in Form von Kupferstreifen („TOP-Cu“) 105, 110, durch welche die beiden für den Richt-
koppler erforderlichen Koppelleiter 105, 110 gebildet werden. Der laterale Abstand zwi-
schen den Koppelleitern 105, 110 ist wiederum mit „d“ gekennzeichnet. Unterhalb der
obersten Metallage 105, 110 und von dieser durch eine hier nicht gezeigte Isolationslage
(siehe Fig. 3) galvanisch getrennt ist eine ebenfalls aus Kupferstreifen gebildete mittlere
Metallage („Mid-1-Cu“) 115 angeordnet, welche in dem vorliegenden Ausführungsbei-
spiel die Form eines quer liegenden „H“ hat. Zur besseren Unterscheidung sind die bei-
den Kupferlagen 105 – 115 unterschiedlich gestreift gezeichnet. Unterhalb dieser mittlere-
ren Metallage 115 befindet sich eine hier nicht gezeigte (siehe Fig. 3), wiederum von der
mittleren Metallage 115 durch eine hier nicht gezeigte Isolationsschicht galvanisch ge-
trennte, auf Massepotential liegende Kupfer-Masselage („Mid-2-Cu“) 220.

Wie bereits erwähnt, sind die genannten drei Metallagen jeweils durch hier nicht gezeigte
dielektrische Isolationslagen galvanisch voneinander getrennt, welche aus in der Leiter-
plattentechnik verwendetem Glasfaser/Epoxy-Substratmaterial hergestellt sind. Die ge-
zeigten Metall- und Isolationslagen sind in der bevorzugten Ausführungsform in Form
einer herkömmlichen in an sich bekannter Ätztechnik hergestellten gedruckten Leiter-
platte ausgebildet.

Aufgrund der genannten „H“-Form der mittleren Metallage („Mid-1-Cu“) 115 ergeben
sich insgesamt mehrere in Reihe geschaltete, relativ kleine Kapazitäten zwischen den
einzelnen Metallagen 105 – 115, 220, welche erst die erforderliche starke Kopplung und
gleichzeitig sehr hohe dielektrische Isolation zwischen den genannten Metallagen ermög-
lichen. Insbesondere dadurch läßt sich bei gleicher Koppelstärke ein um den Faktor 5
größerer Koppelspalt in der genannten herkömmlichen Leiterplattenätztechnik realisieren.

Die in der Fig. 2 gezeigten Koppelleiter weisen in der vorliegenden Ausführungsform entlang der Koppelleiter etwa mittig angeordnete, sich nach außen hin erstreckende trapezförmige Erweiterungsflächen 120 auf, aufgrund derer der Kopplungseffekt noch verstärkt wird. Zusätzlich sind in den Ecken der Tor-Anschlüsse 1 – 4 kapazitive Strukturen („Kapazitätsflecken“) 125 angeordnet, mittels derer die Reflexionseigenschaften der Koppelleiter 105, 110 verbessert werden. Bei diesen kapazitiven Strukturen werden die 90°-Innenecken mit den gezeigten Dreiecksformen 125 schräg aufgefüllt. Prinzipiell möglich sind allerdings auch andere Formen, welche eine entsprechend kleine Flächenvergrößerung erzeugen, bspw. eine quadratische Form, mit der dann allerdings ein kleines zusätzliches Eck erzeugt wird. Insgesamt wird durch die genannten Maßnahmen die in der Summe leicht induktive Impedanz der Koppelleiter so kompensiert, daß an den Tor-Anschlüssen eine sehr gute Impedanzanpassung ermöglicht wird.

Es ist anzumerken, daß sich eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Richtkopplers durch Tauschen der vorbeschriebenen obersten 105, 110 und mittleren Metallage 115 ergibt. Die beschriebene Funktionsweise an sich ist davon unberührt.

Die in der Fig. 3 gezeigte seitliche Schnittansicht entspricht einem Schnitt der in der Fig. 2 dargestellten Struktur entlang der dort eingezeichneten Linie „A-A‘“. Aus der Fig. 3 geht die räumliche Anordnung der drei Metallagen 200, 210, 220 noch deutlicher hervor. Die entsprechenden Schichtdicken der Metallagen 200, 210, 220 sind daraus ebenfalls zu entnehmen. Die gestrichelten Bereiche 105, 110 entsprechen den in der Fig. 2 mit übereinstimmenden Bezugszeichen gekennzeichneten beiden Koppelleitern und die beiden gestrichelten Bereiche 115 der in Fig. 2 ebenfalls gezeigten „H“-förmigen Zwischenlage. Auch sind die zwischen den Metallagen 200, 210, 220 angeordneten Isolationslagen 205, 215, 225 in der Fig. 3 eingezeichnet. Die oberste Metallage 200 dient im Wesentlichen als Bauelementeseite, d.h. zur Verbindung der gezeigten Richtkopplerstruktur mit weiteren HF-Bauelementen im Bereich der Antennentechnik, wohingegen eine zusätzliche vierte unterste Metallage 230 dazu dient, die gezeigte Richtkopplerstruktur mit einer außen angeordneten (hier nicht gezeigten) Antenne zu verbinden.

Bezüglich der Herstellung der in der Fig. 3 gezeigten Leiterplattenstruktur ist anzumerken, daß Bereiche, in denen eine Leiterlage abgeätzt wird, aufgrund der an sich bekannten

Multilayertechnik beim Zusammenpressen unter erhöhter Temperatur mit dielektrischem Material gefüllt sind.

Ein gemäß der vorbeschriebenen Struktur tatsächlich gefertigter Richtkoppler von 11 dB wies einen Koppelspaltnennwert von $380\text{ }\mu\text{m}$ auf. Dabei waren Ätztoleranzen bis hin zu $\pm 40\text{ }\mu\text{m}$ für das einwandfreie Funktionieren des jeweiligen Richtkopplers völlig un-
schädlich. Herkömmliche Koppler hätten mit dieser Spezifikation lediglich einen Koppelwert von etwa 20 dB oder sie würden einen in Leiterplattentechnik nicht fertigbaren kleinen Koppelspalt von $80\text{ }\mu\text{m}$ erfordern.

Die vorbeschriebene erfindungsgemäße Richtkoppler-Struktur ist bevorzugt im Frequenzbereich bis einige GHz und für den Einsatz auf Leiterplatten vorgesehen. Allerdings sind die vorbeschriebenen Strukturen prinzipiell mit allen genannten Vorteilen auch bei speziellen HF-Substraten bei höheren Frequenzen, bspw. im bei in der Automobiltechnik vielfach verwendeten 77 GHz einsetzbar. Ebenso realisierbar ist ein integrierter Einsatz der Strukturen bei HF-ICs bei noch höheren Frequenzen (122 GHz, 150 GHz).

Patentansprüche

1. Richtkoppler in Streifenleitertechnik mit zwei gegenüber einer auf Massepotential liegenden Masselage galvanisch getrennten Koppelleitern, welche an ihren Enden jeweils einen Tor-Anschluß aufweisen, gekennzeichnet durch eine mehrlagige Leiterstruktur mit wenigstens drei, durch wenigstens zwei dielektrische Isolationslagen getrennten Metallagen, wobei eine erste Metallage den Koppelleiter bildet und wobei eine zweite der wenigstens drei Metallagen eine von den wenigstens zwei weiteren Metallagen galvanisch getrennte Leiterstruktur aufweist, mittels der in Reihe geschaltete kleine Kapazitäten zwischen den wenigstens drei Metallagen gebildet werden.
2. Richtkoppler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die mehrlagige Leiterstruktur in Form eines mehrlagigen dielektrischen Substrats ausgebildet ist.
3. Richtkoppler nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die von wenigstens drei Metallagen mittels der wenigstens zwei Isolationslagen galvanisch getrennte Leiterstruktur räumlich zwischen den wenigstens drei Metallagen angeordnet ist.
4. Richtkoppler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Masselage von der Metallage des Koppelleiters durch wenigstens eine weitere Metallage getrennt ist.
5. Richtkoppler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die von den wenigstens drei Metallagen galvanisch getrennte Leiterstruktur lateral die Form eines in Richtung der beiden Koppelleiter quer liegenden „H“ oder eines in Richtung der Koppelleiter quer liegenden Rechtecks aufweist.

6. Richtkoppler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß an den Koppelleitern zusätzliche Leiterstrukturen, insbesondere kleine trapezartige Strukturen, angeordnet sind.
7. Richtkoppler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in den Ecken der Tor-Anschlüsse der beiden Koppelleiter kapazitive Strukturen zur Impedanzanpassung angeordnet sind.
8. Richtkoppler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die 90°-Innenecken der Tor-Anschlüsse der beiden Koppelleiter so ausgestaltet sind, daß sich eine geringe Flächenvergrößerung ergibt.
9. Richtkoppler nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Flächenvergrößerung der Tor-Anschlüsse der beiden Koppelleiter durch eine schräge Dreiecksform oder eine quadratische Form gebildet ist.
10. Richtkoppler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die wenigstens drei Metallagen aus Kupfer und die wenigstens zwei Isolationslagen aus einer Glasfaser/Epoxy-Verbindung hergestellt sind.

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart

Richtkoppler in Streifenleitertechnik mit breitem Koppelspalt

Zusammenfassung

Der offenbarte Richtkoppler in Streifenleitertechnik mit zwei gegenüber einer auf Massepotential liegenden Masselage galvanisch getrennten Koppelleitern, weist insbesondere eine mehrlagige Leiterstruktur auf mit wenigstens drei, durch wenigstens zwei dielektrische Isolationslagen getrennten Metallagen, wobei eine erste Metallage den Koppelleiter bildet und wobei eine zweite der wenigstens drei Metallagen eine von den wenigstens beiden anderen Metallagen galvanisch getrennte Leiterstruktur aufweist, mittels der in Reihe geschaltete und sehr kleine Kapazitäten zwischen den wenigstens drei Metallagen gebildet werden.

(Fig. 2)

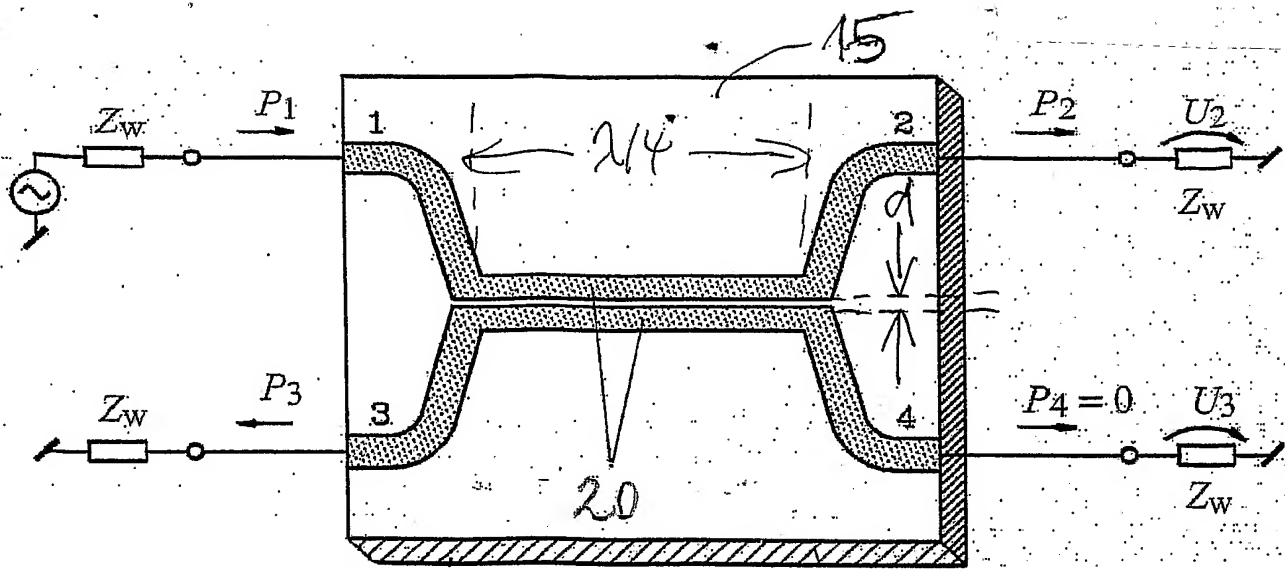


Fig. 1 (Stand der Technik)

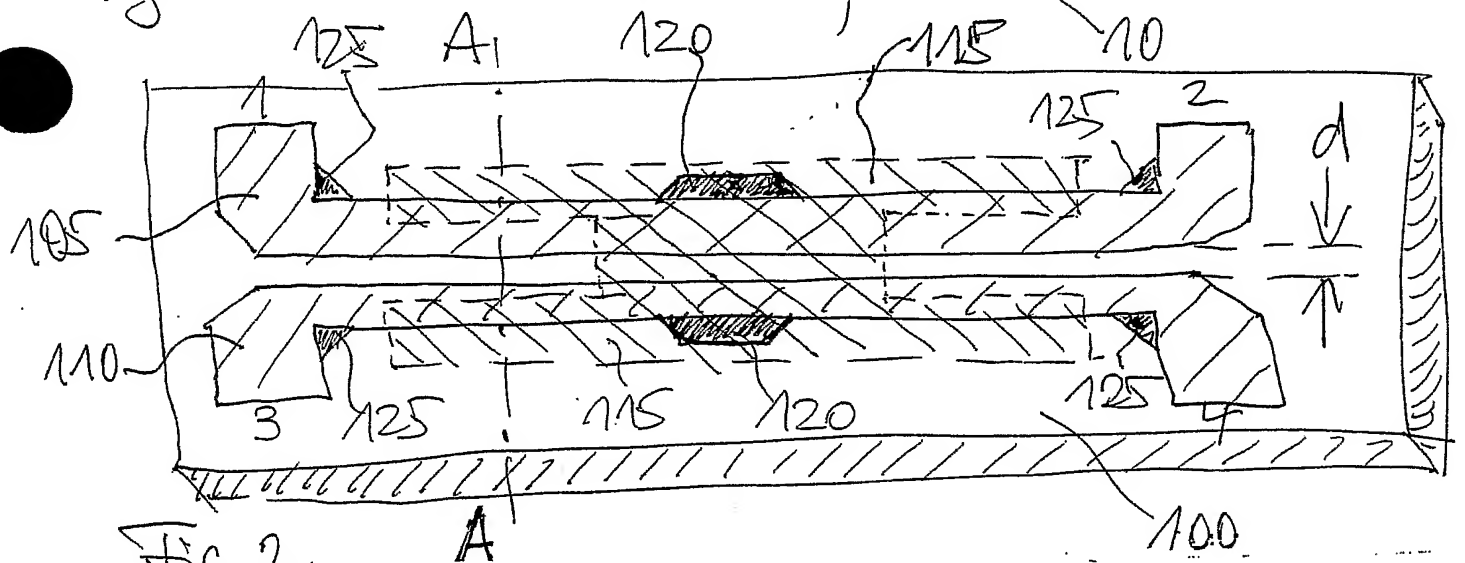


Fig. 2

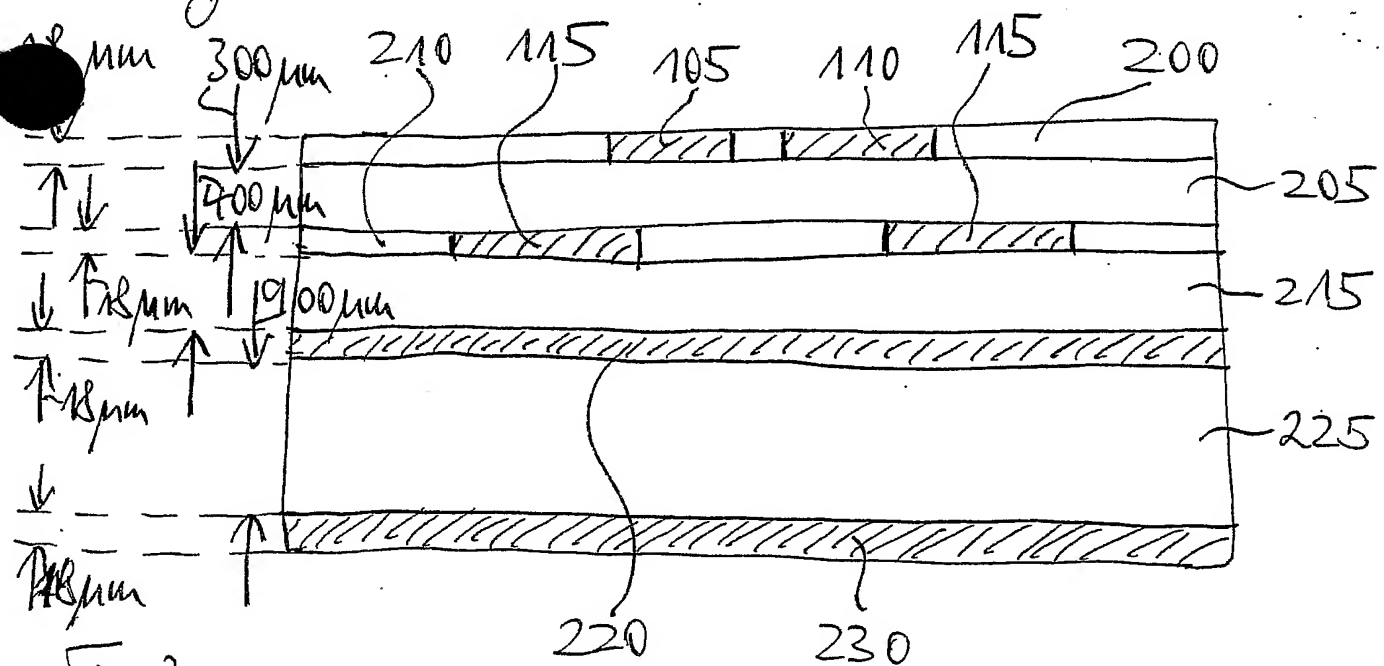


Fig. 3